УКРАЇНА **(19) UA** **(11) 164558** **(13) U**

(51) МПК (2026.01)
G01K 13/00
G01K 13/08 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ "УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2026 00965**
(22) Дата подання заявки: **24.02.2026**
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **15.10.2026**
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **14.10.2026, Бюл.№ 41**

(72) Винахідник(и):
Грабко Володимир Віталійович (UA),
Грабко Валентин Володимирович (UA),
Прадівлянний Микола Григорійович (UA),
Чорний Олексій Петрович (UA)

(73) Володілець (володільці):
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021 (UA)

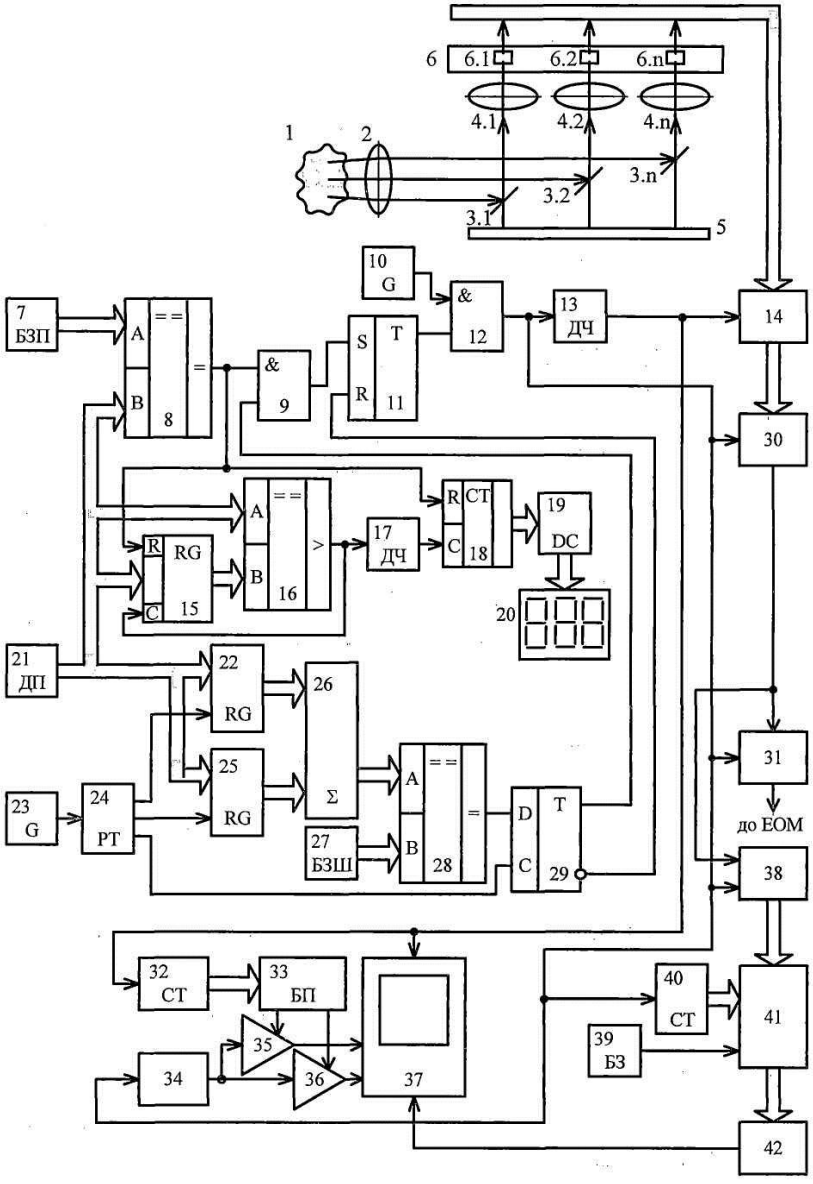
(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ РОТОРА ГІДРОГЕНЕРАТОРА

(57) Реферат:

Пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора містить об'єктив, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, n лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійку n інфрачервоних датчиків, перший дільник частоти, буферний регістр, комутатор, аналого-цифровий перетворювач, інтерфейсний блок, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподілювач тактів, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І, індикатор, блок запуску, буфер даних та цифро-аналоговий перетворювач, причому вихід першого дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока. Другий та третій входи з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто. Другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника. Перший вхід аналого-цифрового перетворювача з'єднаний з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки n окремих інфрачервоних датчиків. Вихідна цифрова шина блока задання положення підключена до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів з'єднані з вихідною цифровою шиною датчика положення. Вихід першого цифрового компаратора підключений до першого входу першого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом другого тригера. Вихід підключений до першого входу першого тригера, другий вхід якого з'єднаний з другим виходом другого тригера, перший вхід якого підключений до виходу другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною блока задання швидкості. Перша вхідна цифрова шина підключена до вихідної цифрової шини цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами першого та другого регістрів, входи яких підключені, відповідно, до першого та другого виходів розподілювача тактів, третій вихід якого з'єднаний з другим входом другого тригера. Вихід другого генератора імпульсів підключений до входу розподілювача тактів. Вихід першого тригера з'єднаний з першим входом другого елемента І, другий вхід якого

UA 164558 U

підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входами першого дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, комутатора та з другим входом аналого-цифрового перетворювача. Вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача підключена до першої вхідної цифрової шини буфера даних, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифро-аналогового перетворювача, вихід якого підключений до четвертого входу відеоконтрольного блока. Вихід блока запуску з'єднаний зі входом буфера даних, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника, вхід якого разом з другим входом інтерфейсного блока з'єднані з виходом другого елемента І. Вихід комутатора підключений до першого входу інтерфейсного блока, вихід якого з'єднаний з колами ЕОМ. Введено третій цифровий компаратор, третій регістр, другий дільник частоти, третій лічильник та дешифратор. Вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора та зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, вихід якого з'єднаний з другим входом третього регістра та зі входом другого дільника частоти, вихід якого підключений до другого входу третього лічильника, перший вхід якого разом з першим входом третього регістра з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина третього лічильника підключена до вхідної цифрової шини дешифратора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною індикатора.



Корисна модель належить до безконтактної термометрії і може бути використана для вимірювання температури об'єктів, що обертаються, зокрема ротора гідрогенераторів.

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 66867, МПК G01K 13/00, бюл. № 2, 2012), що містить об'єктив, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, n лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійка n інфрачервоних (ІЧ) датчиків, дільник частоти, буферний регістр, комутатор, аналого-цифровий перетворювач, інтерфейсний блок, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, лічильник, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподілювач тактів, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І та індикатор, причому вихід дільника частоти підключений до входів буферного регістра, лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини лічильника, четвертий вхід відеоконтрольного блока разом з першим входом АЦП з'єднані з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки n окремих ІЧ-датчиків, вихідна цифрова шина АЦП через інтерфейсний блок з'єднана з колами ЕОМ, вихідна цифрова шина блока задання положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів підключені до вихідної цифрової шини датчика положення, вихід першого цифрового компаратора з'єднаний з першим входом першого елемента І, другий вхід якого підключений до першого виходу другого тригера, а вихід з'єднаний з першим входом першого тригера, другий вхід якого разом зі входом індикатора підключені до другого виходу другого тригера, перший вхід якого з'єднаний з виходом другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина з'єднана з вихідною цифровою шиною цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого підключені, відповідно, до вихідних цифрових шин першого та другого регістрів, входи яких з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами розподілювача тактів, третій вихід якого підключений до другого входу другого тригера, вихід другого генератора імпульсів з'єднаний зі входом розподілювача тактів, вихід першого тригера підключений до першого входу другого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з виходом першого генератора імпульсів, а вихід підключений до входів дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, комутатора та до другого входу АЦП.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє визначати положення ротора гідрогенератора в процесі його роботи, оскільки гідрогенератор є специфічною електричною машиною закритого виконання, що ускладнює оперативний пошук місця прогнозованого перегріву або пошкодження ізоляції, виявленого тепловізійним методом.

Як найближчий аналог вибрано пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора (Патент України № 127509, МПК G01K 13/08, бюл. № 15, 2018), що містить об'єктив, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, n лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійка n ІЧ-датчиків, дільник частоти (в подальшому - перший дільник частоти), буферний регістр, комутатор, АЦП, інтерфейсний блок, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподілювач тактів, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І, індикатор, блок запуску, буфер даних та цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), причому вихід першого дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, перший вхід АЦП з'єднаний з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки n окремих ІЧ датчиків, вихідна цифрова шина блока задання положення підключена до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого

та другого регістрів з'єднані з вихідною цифровою шиною датчика положення, вихід першого цифрового компаратора підключений до першого входу першого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом другого тригера, а вихід підключений до першого входу першого тригера, другий вхід якого разом зі входом індикатора з'єднані з другим виходом другого тригера, перший вхід якого підключений до виходу другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина підключена до вихідної цифрової шини цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами першого та другого регістрів, входи яких підключені, відповідно, до першого та другого виходів розподілювача тактів, третій вихід якого з'єднаний з другим входом другого тригера, вихід другого генератора імпульсів підключений до входу розподілювача тактів, вихід першого тригера з'єднаний з першим входом другого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входами першого дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, комутатора та з другим входом АЦП, вихідна цифрова шина АЦП підключена до першої вхідної цифрової шини буфера даних, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною ЦАП, вихід якого підключений до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихід блока запуску з'єднаний зі входом буфера даних, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника, вхід якого разом з другим входом інтерфейсного блока з'єднані з виходом другого елемента І, вихід комутатора підключений до першого входу інтерфейсного блока, вихід якого з'єднаний з колами ЕОМ.

Головним недоліком даного пристрою є те, що він не дозволяє під час вимірювання теплового портрета ротора гідрогенератора в процесі його роботи визначати положення ротора гідрогенератора із-за відсутності можливості доступу до його обертових частин, що ускладнює оперативний пошук місця прогнозованого перегріву або пошкодження ізоляції, внаслідок чого збільшується час діагностування ротора гідрогенератора та звужуються функціональні можливості пристрою.

В основу корисної моделі поставлена задача створення пристрою для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, в якому за рахунок введення нових блоків та зв'язків між ними з'являється можливість на працюючому гідрогенераторі під час вимірювання теплового портрета ротора гідрогенератора визначати положення його ротора, що дозволяє оперативно визначати місця прогнозованого перегріву або пошкодження ізоляції, внаслідок чого зменшується час діагностування ротора гідрогенератора, а, отже, розширюються функціональні можливості пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, n лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійку n 14 датчиків, перший дільник частоти, буферний регістр, комутатор, АЦП, інтерфейсний блок, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподілювач тактів, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І, індикатор, блок запуску, буфер даних та ЦАП, причому вихід першого дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, перший вхід АЦП з'єднаний з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки n окремих ІЧ датчиків, вихідна цифрова шина блока задання положення підключена до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів з'єднані з вихідною цифровою шиною датчика положення, вихід першого цифрового компаратора підключений до першого входу першого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом другого тригера, а вихід підключений до першого входу першого тригера, другий вхід якого з'єднаний з другим виходом другого тригера, перший вхід якого підключений до виходу другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина підключена до вихідної цифрової шини цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними

цифровими шинами першого та другого регістрів, входи яких підключені, відповідно, до першого та другого виходів розподілювача тактів, третій вихід якого з'єднаний з другим входом другого тригера, вихід другого генератора імпульсів підключений до входу розподілювача тактів, вихід першого тригера з'єднаний з першим входом другого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входами першого дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, комутатора та з другим входом АЦП, вихідна цифрова шина АЦП підключена до першої вхідної цифрової шини буфера даних, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною ЦАП, вихід якого підключений до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихід блока запуску з'єднаний зі входом буфера даних, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника, вхід. якого разом з другим входом інтерфейсного блока з'єднані з виходом другого елемента І, вихід комутатора підключений до першого входу інтерфейсного блока, вихід якого з'єднаний з колами ЕОМ, згідно з корисною моделлю, введено третій цифровий компаратор, третій регістр, другий дільник частоти, третій лічильник та дешифратор, причому вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора та зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, вихід якого з'єднаний з другим входом третього регістра та зі входом другого дільника частоти, вихід якого підключений до другого входу третього лічильника, перший вхід якого разом з першим входом третього регістра з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина третього лічильника підключена до вхідної цифрової шини дешифратора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною індикатора.

Пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора пояснюється кресленням, на якому зображена його структурна схема.

На схемі: 1 - ротор гідрогенератора; 2 - об'єктив; 3 - n дзеркал; 4 - n лінз; 5 - оптична лінійка; 6 - лінійка n окремих 6.1 - 6.n ІЧ датчиків; 7 - блок задання положення; 8 - перший цифровий компаратор; 9 - перший елемент І; 10 - перший генератор імпульсів; 11 - перший тригер; 12 - другий елемент І; 13 - перший дільник частоти; 14 - буферний регістр; 15 - третій регістр; 16 - третій цифровий компаратор; 17 - другий дільник частоти; 18 - третій лічильник; 19 - дешифратор; 20 - індикатор; 21 - датчик положення; 22 - перший регістр; 23 - другий генератор імпульсів; 24 - розподілювач тактів; 25 - другий регістр; 26 - цифровий суматор; 27 - блок задання швидкості; 28 - другий цифровий компаратор; 29 - другий тригер; 30 - комутатор; 31 - інтерфейсний блок; 32 - перший лічильник; 33 - блок пам'яті; 34 - генератор напруги, що змінюється ступінчасто; 35, 36 - перший та другий керовані підсилювачі; 37 - відеоконтрольний блок; 38 - АЦП; 39 - блок запуску; 40 - другий лічильник; 41 - буфер даних; 42 - ЦАП, причому за об'єктивом 2 n дзеркал 3 закріплені на оптичній лінійці 5 таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю і на одній оптичній осі з дзеркалами встановлені n лінз 4, вихід першого дільника частоти 13 підключений до входів буферного регістра 14, першого лічильника 32 та до першого входу відеоконтрольного блока 37, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого 35 та другого 36 керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 34, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті 33, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника 32, перший вхід АЦП 38 з'єднаний з виходом комутатора 30, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра 14, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки 6 n окремих 6.1 - 6.n ІЧ датчиків, вихідна цифрова шина блока задання положення 7 підключена до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора 8, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого 22 та другого 25 регістрів з'єднані з вихідною цифровою шиною датчика положення 21, вихід першого цифрового компаратора 8 підключений до першого входу першого елемента І 9, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом другого тригера 29, а вихід підключений до першого входу першого тригера 11, другий вхід якого з'єднаний з другим виходом другого тригера 29, перший вхід якого підключений до виходу другого цифрового компаратора 28, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною блока задання швидкості 27, а перша вхідна цифрова шина підключена до вихідної цифрової шини цифрового суматора 26, перша і друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами першого 22 та другого 25 регістрів, входи яких підключені, відповідно, до першого та другого виходів розподілювача тактів 24, третій вихід якого з'єднаний з другим входом другого тригера 29, вихід другого генератора імпульсів 23 підключений до входу розподілювача тактів 24, вихід першого тригера 11 з'єднаний з першим входом другого елемента І 12, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора

імпульсів 10, а вихід з'єднаний з входами першого дільника частоти 13, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 34, комутатора 30 та з другим входом АЦП 38, вихідна цифрова шина якого підключена до першої вхідної цифрової шини буфера даних 41, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною ЦАП 42, вихід якого підключений до четвертого входу відеоконтрольного блока 37, вихід блока запуску 39 з'єднаний зі входом буфера даних 41, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника 40, вхід якого разом з другим входом інтерфейсного блока 31 з'єднані з виходом другого елемента І 12, вихід комутатора 30 підключений до першого входу інтерфейсного блока 31, вихід якого з'єднаний з колами ЕОМ, вихідна цифрова шина датчика положення 21 з'єднана з першою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора 16 та зі вхідною цифровою шиною третього регістра 15, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора 16, вихід якого з'єднаний з другим входом третього регістра 15 та зі входом другого дільника частоти 17, вихід якого підключений до другого входу третього лічильника 18, перший вхід якого разом з першим входом третього регістра 15 з'єднані з виходом першого цифрового компаратора 8, вихідна цифрова шина третього лічильника 18 підключена до вхідної цифрової шини дешифратора 19, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною індикатора 20, позицією 1 позначено ротор гідрогенератора.

Запропонований пристрій працює наступним чином.

При подачі напруги живлення перший 10 та другий 23 генератори імпульсів починають формувати відповідні послідовності імпульсів. Потік інфрачервоного випромінювання, який створюється поверхнею ротора гідрогенератора 1, що знаходиться на деякій відстані від оптичної системи пристрою, потрапляє через об'єктив 2, через n дзеркал 3, що розташовані на оптичній лінійці 5, та через n лінз 4 на лінійку 6 n ІЧ-датчиків 6.1 - 6.n, розташованих вздовж радіуса ротора. Очевидно, що при обертанні ротора гідрогенератора 1 в кожен момент часу в поле зору лінійки 6 n ІЧ-датчиків 6.1 - 6.n ІЧ потрапляє лише фрагмент поверхні вздовж радіуса ротора. Отримуючи фрагменти теплового зображення, можна побудувати тепловий портрет всієї поверхні ротора гідрогенератора 1 в процесі його роботи.

Якщо ротор гідрогенератора 1 знаходиться в нерухомому стані або його швидкість обертання менша від номінальної, то на екран відеоконтрольного блока 37 теплове зображення поверхні ротора не виводиться. Це обумовлено наступним. Під впливом другого генератора імпульсів 23 почергово на виходах розподілювача тактів 24 формуються сигнали. Сигналом з першого виходу розподілювача тактів 24 в перший регістр 22 записується код з виходу датчика положення 21. В другий регістр 25 сигналом з другого виходу розподілювача тактів 24 записується інший код з виходу датчика положення 21. Різниця зазначених кодів за одиницю часу, що забезпечується другим генератором імпульсів 23, являє собою швидкість обертання ротора гідрогенератора 1, що і визначається в цифровому суматорі 26 та подається на перший вхід другого цифрового компаратора 28, в якому здійснюється порівняння у вигляді кодів поточної швидкості обертання ротора гідрогенератора 1 з номінальною, яка записана в блоці задання швидкості 27. У випадку, коли швидкість менша від номінальної, на виході другого цифрового компаратора 28 з'являється сигнал логічного нуля, який під дією сигналу з третього виходу розподілювача тактів 24 записується в другий тригер 29. При цьому тепловий портрет ротора не фіксується.

Якщо ж швидкість обертання ротора гідрогенератора 1 стає рівною номінальній, то на другому виході другого тригера 29 з'являється сигнал логічного нуля, на його першому виході з'являється сигнал логічної одиниці, який подається на вхід першого елемента І 9. В момент обертання ротора, коли він знаходиться в умовному початковому положенні, коди з виходу датчика положення 21 та з виходу блока задання положення 7 співпадають, на виході першого цифрового компаратора 8 з'являється сигнал логічної одиниці, яким через перший елемент І 9 встановлюється в одиничний стан перший тригер 11. Внаслідок цього імпульси з виходу першого генератора імпульсів 10 через другий елемент І 12 починають надходити в блоки, за допомогою яких формується тепловий портрет на екрані відеоконтрольного блока 37.

Залежно від кутової швидкості обертання ω ротора гідрогенератора 1 вибрана частота формування імпульсів f_1 першого генератора імпульсів 10, що пов'язано співвідношенням $f_1/n=\omega/(2\pi \cdot m)$, де $m=360°/\beta$, β - мінімальний сектор поверхні ротора, що потрапляє в поле зору лінійки 6 n ІЧ датчиків 6.1 - 6.n, n - коефіцієнт ділення першого дільника частоти 13, що відповідає кількості окремих ІЧ датчиків 6.1, 6.2,…,6.n. Отже, з частотою f_1/n, при номінальній швидкості обертання ротора, на виході першого дільника частоти 13 з'являються імпульси, якими фіксуються у буферному регістрі 14 на час $\Delta T=n/f_1$ електричні сигнали в аналоговому вигляді з виходів n окремих ІЧ датчиків 6.1, 6.2,…,6n. Амплітуди цих сигналів пропорційні температурі елементарних ділянок поверхні об'єкта (кількість таких ділянок $N=n \cdot m$).

Комутатором 30 здійснюється зчитування інформації з буферного регістра 14 з наступним її перетворенням із паралельного виду представлення в послідовний. Сформований таким чином сигнал з виходу комутатора 30 потрапляє на вхід відеоконтрольного блока 37 і на вхід АЦП 38, в якому він перетворюється в цифрову форму. З виходу комутатора 30 сигнал також надходить в інтерфейсний блок 31, з виходу якого цей сигнал передається в ЕОМ.

Зазначимо, що потік інформації з виходу комутатора 30 про теплове зображення обмотки ротора потрапляє також в буфер даних 41 через АЦП 38 в цифровій формі. Під управлінням другого лічильника 40 інформація послідовно розміщується в буфері даних 41. Розмір буфера може бути різним, але не меншим, ніж для розміщення в ньому інформації про теплове зображення ротора, що отримується за один оберт ротора. В подальшому цей потік інформації через ЦАП 42 перетворюється в аналогову форму та подається на вхід відеоконтрольного блока 37.

Генератор напруги, що змінюється ступінчасто, 34, перший 35 та другий 36 керовані підсилювачі і блок пам'яті 33 призначені для формування сигналів розгортки відеоконтрольного блока 37. Сигнал частотою f_1, що надходить на вхід генератора напруги, що змінюється ступінчасто, 34, на виході приймає ступінчасту форму (містить n складових) і подається на входи першого 35 і другого 36 керованих підсилювачів, коефіцієнт підсилення яких задається вихідними сигналами блока пам'яті 33. При цьому коефіцієнти підсилення першого 35 та другого 36 керованих підсилювачів задаються так, що на їх виходах формуються сигнали, пропорційні $Rj \cdot \sin\varphi_j$ та $Ri \cdot \cos\varphi_j$, відповідно, де R_i - радіус, φ_j - кут координати елементарної ділянки поверхні ротора в полярній системі координат, що обумовлено сигналами з датчика положення 21. При цьому $i = \overline{0,n}$, $j = \overline{0,m}$.

На вхід блока пам'яті 33 сигнали надходять з першого лічильника 32, коефіцієнт перерахунку якого дорівнює m. В результаті на екрані відеоконтрольного блока 37 при наявності одного інформаційного сигналу, двох сигналів розгортки та сигналу з виходу першого дільника частоти 13 формується зображення, що відповідає тепловому портрету ротора гідрогенератора 1.

У випадку, коли оперативному персоналу необхідно відстежити фрагмент теплового зображення, який може мати інтерес для попереднього дослідження, сигналом з блока запуску 39 буфер даних 41 переводиться в режим повторного неперервного зчитування записаної в ньому інформації з подальшим її виведенням через ЦАП 42 на відеоконтрольний блок 37. Цей процес здійснюється до тих пір, поки активним є сигнал з виходу блока запуску 39.

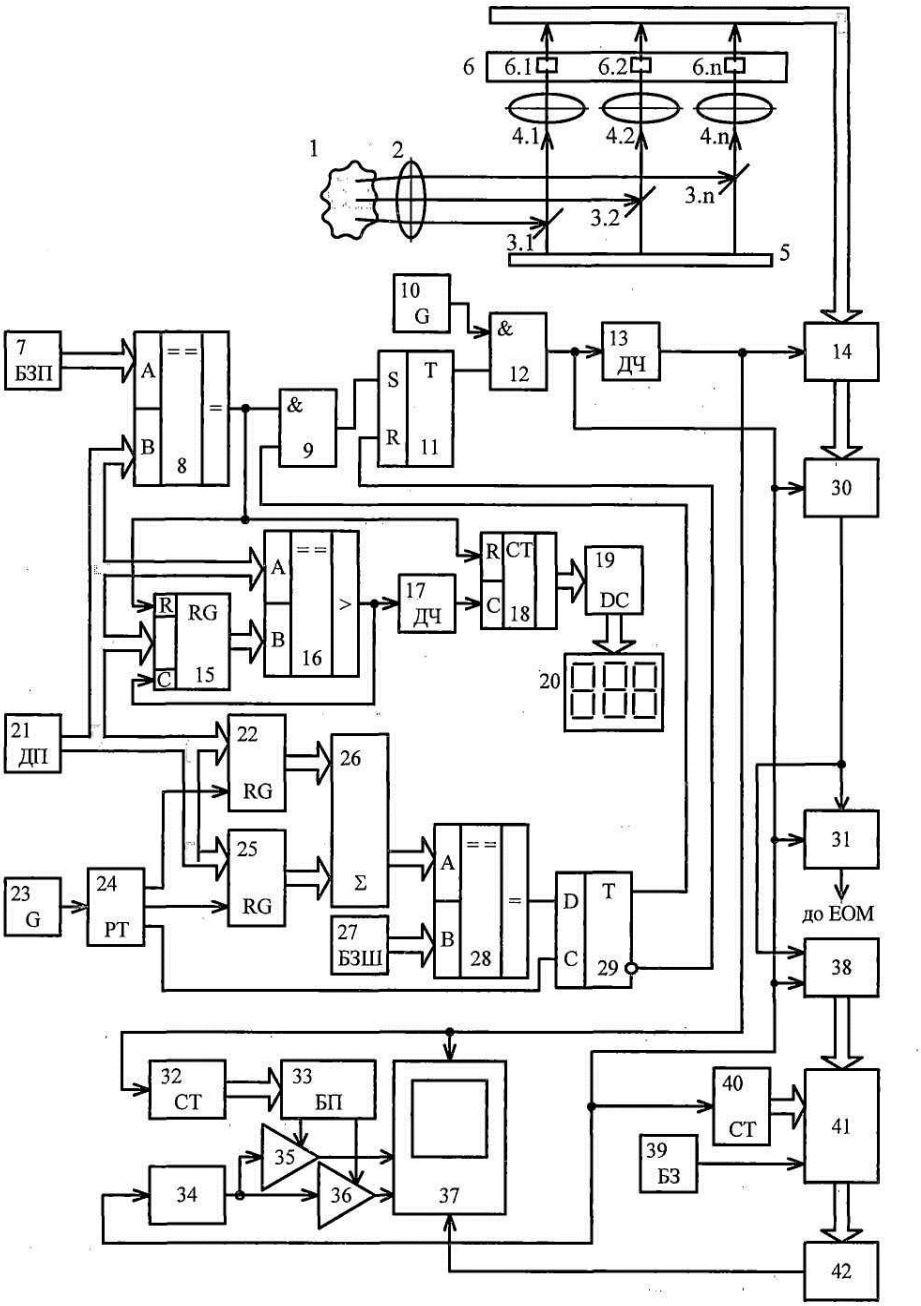
Очевидно, що згідно запропонованого алгоритму сканування ротора гідрогенератора 1 здійснюється спочатку вздовж деякого радіуса R_j. Коли закінчено сканування n точок, що лежать на радіусі R_j, здійснюється сканування n точок, що лежать на радіусі R_{j+1}. Так знаходиться кругова розгортка всього теплового зображення ротора гідрогенератора 1 в процесі його роботи.

Визначення положення ротора гідрогенератора 1 в кожен момент часу здійснюється так. В момент появи сигналу на виході першого цифрового компаратора 8 третій регістр 15 та третій лічильник 18 обнуляються. Припустимо, що це здійснюється в момент, коли на виході датчика положення 21 з'являється нульовий код. При цьому на виході третього цифрового компаратора 16 з'являється сигнал логічного нуля. Через деякий час при поверненні ротора на певний кут на виході датчика положення 21 з'являється код, відмінний від нуля, внаслідок чого на виході третього цифрового компаратора 16 з'являється сигнал логічної одиниці, яким код з виходу датчика положення 21 записується в третій регістр 15. В результаті на виході третього цифрового компаратора 16 знову з'являється сигнал логічного нуля. При черговій зміні цифрового коду на виході датчика положення 21 на виході третього цифрового компаратора 16 знову з'являється сигнал логічної одиниці. Таким чином, сформована послідовність імпульсів подається на вхід другого дільника частоти 17, коефіцієнт ділення якого дорівнює т. При цьому на виході третього лічильника 18 формується послідовність кодів, зміна яких здійснюється при зміщенні ротора гідрогенератора 1 на один полюс. Ці коди подаються через дешифратор 19 в індикатор 20, за допомогою якого можна відслідковувати в кожен момент часу, в якому положенні знаходиться ротор гідрогенератора 1.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для безконтактного вимірювання температури ротора гідрогенератора, що містить об'єктив, n дзеркал, закріплених на оптичній лінійці таким чином, що їх площини утворюють кут 45° з головною оптичною віссю, n лінз, що встановлені на одній оптичній осі з дзеркалами, лінійку n інфрачервоних датчиків, перший дільник частоти, буферний регістр, комутатор,

аналого-цифровий перетворювач, інтерфейсний блок, два генератори імпульсів, два керовані підсилювачі, відеоконтрольний блок, два лічильники, генератор напруги, що змінюється ступінчасто, блок пам'яті, датчик положення, блок задання положення, блок задання швидкості, розподілювач тактів, два регістри, два цифрові компаратори, цифровий суматор, два тригери, два елементи І, індикатор, блок запуску, буфер даних та цифро-аналоговий перетворювач, причому вихід першого дільника частоти підключений до входів буферного регістра, першого лічильника та до першого входу відеоконтрольного блока, другий та третій входи якого з'єднані з виходами першого та другого керованих підсилювачів, перші входи яких підключені до виходу генератора напруги, що змінюється ступінчасто, а другі входи з'єднані, відповідно, з першим та другим виходами блока пам'яті, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини першого лічильника, перший вхід аналого-цифрового перетворювача з'єднаний з виходом комутатора, вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини буферного регістра, вхідна цифрова шина якого з'єднана з виходами лінійки n окремих інфрачервоних датчиків, вихідна цифрова шина блока задання положення підключена до першої вхідної цифрової шини першого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого разом з вхідними цифровими шинами першого та другого регістрів з'єднані з вихідною цифровою шиною датчика положення, вихід першого цифрового компаратора підключений до першого входу першого елемента І, другий вхід якого з'єднаний з першим виходом другого тригера, а вихід підключений до першого входу першого тригера, другий вхід якого з'єднаний з другим виходом другого тригера, перший вхід якого підключений до виходу другого цифрового компаратора, друга вхідна цифрова шина якого з'єднана з вихідною цифровою шиною блока задання швидкості, а перша вхідна цифрова шина підключена до вихідної цифрової шини цифрового суматора, перша і друга вхідні цифрові шини якого з'єднані, відповідно, з вихідними цифровими шинами першого та другого регістрів, входи яких підключені, відповідно, до першого та другого виходів розподілювача тактів, третій вихід якого з'єднаний з другим входом другого тригера, вихід другого генератора імпульсів підключений до входу розподілювача тактів, вихід першого тригера з'єднаний з першим входом другого елемента І, другий вхід якого підключений до виходу першого генератора імпульсів, а вихід з'єднаний з входами першого дільника частоти, генератора напруги, що змінюється ступінчасто, комутатора та з другим входом аналого-цифрового перетворювача, вихідна цифрова шина аналого-цифрового перетворювача підключена до першої вхідної цифрової шини буфера даних, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною цифро-аналогового перетворювача, вихід якого підключений до четвертого входу відеоконтрольного блока, вихід блока запуску з'єднаний зі входом буфера даних, друга вхідна цифрова шина якого підключена до вихідної цифрової шини другого лічильника, вхід якого разом з другим входом інтерфейсного блока з'єднані з виходом другого елемента І, вихід комутатора підключений до першого входу інтерфейсного блока, вихід якого з'єднаний з колами ЕОМ, який **відрізняється** тим, що введено третій цифровий компаратор, третій регістр, другий дільник частоти, третій лічильник та дешифратор, причому вихідна цифрова шина датчика положення з'єднана з першою вхідною цифровою шиною третього цифрового компаратора та зі вхідною цифровою шиною третього регістра, вихідна цифрова шина якого підключена до другої вхідної цифрової шини третього цифрового компаратора, вихід якого з'єднаний з другим входом третього регістра та зі входом другого дільника частоти, вихід якого підключений до другого входу третього лічильника, перший вхід якого разом з першим входом третього регістра з'єднані з виходом першого цифрового компаратора, вихідна цифрова шина третього лічильника підключена до вхідної цифрової шини дешифратора, вихідна цифрова шина якого з'єднана зі вхідною цифровою шиною індикатора.



Комп'ютерна верстка О. Рябко

ДО "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій", вул. Дмитра Годзенка, 1, м. Київ – 42, 01601